

## ТЕСТИРОВАНИЕ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ С НЕИСПРАВНОСТЬЮ ТИПА ЗАДЕРЖКА ПУТИ

*П.Е. Селиванов*

*(г. Томск, Томский политехнический университет)*

*E-mail: paulishere@mail.ru*

## PATH DELAY FAULT TESTING FOR COMBINATIONAL CIRCUITS

*P.E. Selivanov*

*(Tomsk, Tomsk Polytechnic University)*

**Abstract.** In this paper the problems of path delay faults are analyzed. Multi-valued alphabet approach is presented. The combinational circuit was tested using multi-valued alphabet and the test vectors are analyzed.

**Keywords:** path delay faults, combinational circuits, multi-valued alphabet, 16-valued alphabet, path delay testing.

**Введение.** В практике проектирования ЭВМ накоплен огромный опыт по синтезу различных схем. Такие устройства как дешифраторы, шифраторы, схемы сравнения, комбинационные сумматоры, коммутаторы и др. являются комбинационными схемами, применение которых очень развито в современном проектировании цифровых устройств [1]. Правильное функционирование цифрового устройства возможно только в том случае, если времена распространения сигналов вдоль путей логической схемы лежат в определенных пределах. Когда время распространения сигнала выходит за эти пределы, говорят, что имеет место неисправность типа задержки сигнала. В подавляющем большинстве эти неисправности приводят к увеличению времени распространения сигналов [2].

**Задержка пути.** Рассмотрим исправную схему. В разные моменты времени  $t_1, t_2$  на неё поступают 2 набора входных значений с определённым промежутком времени. При этом на выходе схемы появляются соответствующие значения 0, 1. Если через промежуток времени, значение схемы в момент  $t_2$  не поменяется с 0 на 1, то имеет место неисправность типа задержка путей [3].

**Многозначный алфавит.** В двоичном алфавите хорошо моделируется статическое поведение логических схем для установившихся значений сигналов, но при этом не учитываются переходные процессы, возникающие при смене значений входных сигналов, и появляется потребность рассматривать отдельно исправную и неисправную схемы. В силу этого получили распространение алфавиты большей значности. В основе многозначных алфавитов, используемых в логическом моделировании и генерации тестов, лежит классический двоичный алфавит  $\{0,1\}$ , образующий вместе с базисными логическими функциями булеву алгебру  $B_2$ . Существует два способа получения новой многозначной логики путем расширения некоторой исходной логики  $(A, F)$  (где  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  – произвольный  $k$ -значный алфавит,  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$  – множество  $k$ -значных функций  $n$  переменных) до более мощной по значности логики  $(\tilde{A}, \tilde{F})$ . При первом способе новый алфавит  $\tilde{A}$  получается как подмножество некоторого декартового произведения исходного алфавита  $A$ :  $\tilde{A} \subseteq A \times A \times \dots \times A$ . Второй способ заключается в том, что новый алфавит  $\tilde{A}$  является некоторым множеством подмножеств элементов исходного алфавита:  $\tilde{A} \subseteq 2^A$ . Произвольный элемент  $\tilde{a}_i$  алфавита  $\tilde{A}$  образуется как неупорядоченное подмножество элементов алфавита  $A$ :  $\tilde{a}_i = a_{i1} \cup a_{i2} \cup \dots \cup a_{il}$ , где  $a_{ij} \in A$  [4].

**Тестирование.** В контексте тестирования неисправностей задержек путей, нам требуется 5 значений: для констант 0 и 1, для переходов из 0 в 1 и из 1 в 0, а также неопределённое значение. Для этого есть рекомендация использования подмножества  $D_5$  16-значного алфавита  $B_{16}$  [5]. В данном подмножестве будут использоваться значения  $0 = \{00\}$  – сохранение значений входов 0,  $1 = \{11\}$  – сохранение значений входов 1,  $F0 = \{00 \cup 10\}$  – смена значений входов из 1 в 0, т. е. задний фронт,  $F1 = \{11 \cup 01\}$  – смена значений входов из 0 в 1, т. е. передний фронт и  $u = \{00 \cup 01 \cup 10 \cup 11\}$  – неопределённое значение. При анализе задержек

распространения сигналов на паре  $\langle X_1, X_2 \rangle$  переменных внешних входов, изменяющихся  $0 \rightarrow 1$  (передний фронт) присвоим значение F1. Аналогично переменным, с изменением  $1 \rightarrow 0$  (задний фронт) припишем F0. Переменные входов, сохраняющие значения на этой паре наборов, получают значения 0 и 1 соответственно. Далее тестируем схему с этими значениями. Результат моделирования в алфавите  $D_5$  приведен на рис. 1. Очевидно, линии схемы, получившие значения F0 и F1, являются кандидатами на включение их в пути, проверяемые данной парой наборов на неисправности типа задержка сигнала. Чтобы точно определить проверяемые пути, необходимо найти пути в схеме, начинающиеся на внешних входах и заканчивающиеся на внешних выходах, все линии которых имеют значения F0 или F1 и удовлетворяющие указанным выше условиям.

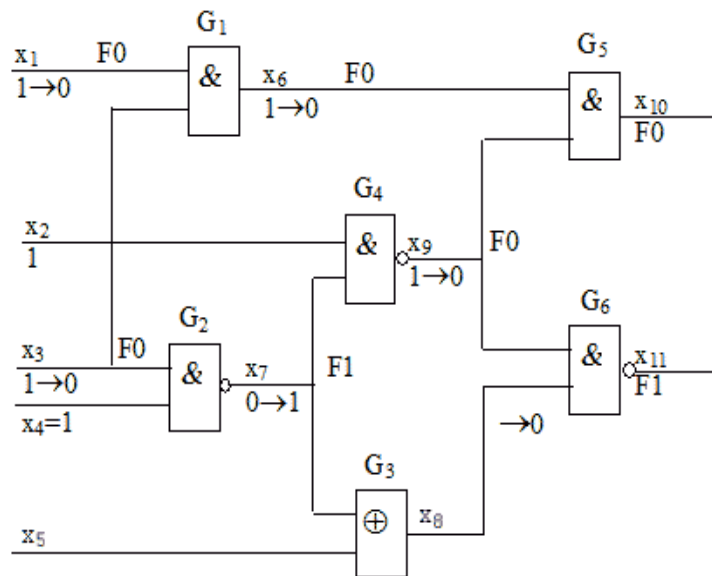


Рис. 1. Схема тестируемая алфавитом  $D_5$

Для приведённой выше схемы, устойчивым тестом является набор  $\langle X_1, X_2 \rangle = 11110, 01010$  для пути  $P_1 (x_3, x_7, x_9, x_{10})$ , т. к. пути  $P_2 (x_1, x_6, x_{10})$  и  $P_3 (x_3, x_6, x_{10})$  не влияют на тест для  $P_1$ . Этот же набор является неустойчивым для  $P_4 (x_3, x_7, x_9, x_{11})$  т. к. требуется установление значение сигнала на  $x_8$  в 1 до прибытия на  $G_6$  сигнала рассматриваемого пути  $P_4$ .

**Заключение.** Таким образом, тестирование задержек на путях с помощью многозначного алфавита является эффективным т. к. из-за свойств многозначной логики, сразу учитываются сигналы до и после установления в схеме и получаются тесты проверяющие данные неисправности. Следует провести анализ эффективности данного метода на более сложных схемах и возможно выявить условия успешного получения теста для задержек на путях в зависимости от входов элементов.

### Список литературы

1. Матросова А.Ю. Классификация задержек путей // ТГУ – 2009.
2. Скобцов Ю.А., Скобцов В.Ю., Нассер К.М. Построение тестов для перекрёстных неисправностей типа задержка // ДонНТУ – 2011, № 14.
3. Patel J.H. A tutorial on delay fault testing // Department of Electrical and Computer Engineering University of Illinois. – 2005.
4. Селиванов П.Е., Безрукова Л.М. Тестирование схем с помощью многозначных алфавитов // НИТПУ. – 2013.
5. Скобцов Ю.А., Скобцов В.Ю. Логическое моделирование и тестировании цифровых устройств. – Донецк:ИПММ НАНУ, ДонНТУ, 2005.